Journal of Agroecology
Homepage: https://agry.um.ac.ir/

Research Article
Vol. 15, No. 1, Spring 2023, p. 153-168

Effect of Relay Triple Intercropping Arrangements of Sugar Beet (*Beta vulgaris*), Chickpea (*Cicer arietinum* L.), and Mung Bean (*Vigna radiate* L.) on Yield and Yield Components

Alireza Koocheki[1*], Mehdi Nassiri Mahallati[1], Mohammad Hassan Hatefi Farajian[2], and Mina Hooshmand[2]

Received: 23-01-2019
Revised: 16-03-2019
Accepted: 27-04-2019
Available Online: 27-04-2019

How to cite this article:
Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Hatefi Farajian, M.H., & Hooshmand, M. (2023). Effect of relay triple intercropping arrangements of sugar beet (*Beta vulgaris*), chickpea (*Cicer arietinum* L.), and mung bean (*Vigna radiate* L.) on yield and yield components. *Journal of Agroecology. 15*(1), 153-168.
DOI: 10.22067/agry.2022.20158.0

Introduction

In conventional agriculture, crop production has gradually shifted from ecological production principles to economic approaches, which has led to the destruction of natural resources and land use change, as well as the reduction in resource consumption (Koocheki et al., 2016b). Satisfying the nutritional needs of a growing population whilst limiting environmental repercussions will require sustainable intensification of agriculture. The adverse effects of climate change are significantly decreasing yield and yield stability over time in current monocropping systems. We argue that intercropping, which is the production of multiple crops on the same area of land, could play an essential role in this intensification. Intercropping often increases resource use efficiency and agricultural productivity compared with growing the component crops solely and can enhance yield stability (Martin-Guay et al., 2018; Raseduzzaman & Jensen, 2017). In the case of an intercropping strategy, the growing period for the legume, as a cover crop, is longer to provide a high amount of fixed nitrogen and potential ground cover to compete with weeds (Vrignon-Brenas et al., 2018). The land equivalent ratio (LER) is often computed as an indicator to determine the efficacy of intercropping that measures land productivity. LER may be interpreted as the relative area required by sole crops to produce the same yields as achieved in a unit area of intercrop. The objective of the present study was to evaluate the effect of relay intercropping as replacement series of three plant species such as chickpea (*Cicer arietinum* L.), mung bean (*Vigna radiate* L.), and sugar beet (*Beta vulgaris* L.), on the yield, yield components, and land equivalent ratio under climatic conditions of Mashhad.

Materials and Methods

A field experiment was conducted at the Agricultural Research Station of Ferdowsi University of Mashhad, Iran, during the growing seasons of 2015-2016. For this purpose, a randomized complete block design with three replications was used. The treatments included sole cropping of chickpea (C), mung bean (M), and sugar beet (S), as well as intercropping with 25% L + 75% S, 50% L + 50% S, and 75% L + 25% S. The investigated traits of mung bean and chickpea were plant height, number of pods per plant, number of seeds per pod, number of branches per plant, seed weight per plant, and 100-seed weight, as well as the number of hollow pods per plant, number of seeds per plant, biological yield, seed yield, and harvest index. For sugar beet, the traits investigated were root height, fresh yield of root, dry yield of root, dry weight of shoot, sucrose content, and sucrose yield. The land equivalent ratio of chickpea, mung bean, and sugar beet was calculated (Sullivan, 2003) as follows: LER = Y1/I1 + Y2/I2 + Y3/I3, where Y1, Y2, and Y3 represent chickpea, mung bean, and sugar beet yield in intercropping, and I1, I2, and

1- Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
2- Ph.D. Student of Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
(* Corresponding author's Email: akooch@um.ac.ir)

I3 represent chickpea, mung bean, and sugar beet yield in mono-culture, respectively. SAS 9.2 was used for analysis of variance. All the means were compared according to Duncan's test ($p \leq 0.05$).

Results and Discussion

The results showed that the effect of relay triple intercropping arrangements of three species, such as mung bean and chickpea with sugar beet, was significant on yield components and seed yield, biological yield ($p \leq 0.05$). The highest seed yield of chickpea and mung bean (2912 and 1247.83 kg/ha, respectively) and biological yield (6237.5 and 6816.7 kg/ha) were observed in sole culture, respectively. Also, the highest amount of fresh root yield was related to its sole cropping with 65242 kg/ha. The highest and lowest LER were calculated for 75% S + 25% L (with 1.53) and 25% S + 75% L (with 0.94), respectively.

Conclusion

Intercropping systems using ecological principles are one of the sustainable solutions to choosing plants suited to the needs, and competitiveness is very important. According to the results, relay triple intercropping of chickpea, and mung bean with sugar beet can be considered as ecological management and ecological intensification in the agroecosystems.

Keywords: Ecological intensification, Land equivalent ratio, Replacement series, Sucrose

نشریه بوم شناسی کشاورزی
Homepage: https://agry.um.ac.ir/

مقاله پژوهشی
جلد ۱۵، شماره ۱، بهار ۱٤۰۲، ص ۱٦۸-۱۵۳

اثر ترکیب‌های کشت مخلوط سه‌گانه تأخیری چغندرقند (*Beta vulgaris* L.)، نخود (*Cicer arietinum* L.) و ماش (*Vigna radiata* L.) بر عملکرد و اجزای عملکرد

علیرضا کوچکی[1]*، مهدی نصیری محلاتی[1]، محمد حسن هاتفی فرجیان[2] و مینا هوشمند[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۰۳
تاریخ بازنگری: ۱۳۹۷/۱۲/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۲/۰۷

چکیده

در بوم‌نظام‌های کشاورزی، فشرده‌سازی پایدار به‌معنای بهبود خدمات بوم‌نظام، افزایش یا حفظ میزان تولید، همراه با کاهش نهاده‌ها مطرح شده است. کشت مخلوط از جمله نظام‌هایی هستند که از طریق بالا بردن تنوع و پیچیدگی افزایش پایداری سیستم را به دنبال خواهند داشت. بر این اساس، به‌منظور بررسی و مقایسه ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط تأخیری سه گونه زراعی چغندرقند (*Beta vulgaris* L.)، نخود (*Cicer arietinum* L.) و ماش (*Vigna radiata* L.) سری‌های جایگزینی بر عملکرد و اجزای عملکرد، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و شش تیمار انجام گرفت. به‌دلیل طولانی بودن دوره رشد چغندرقند دو گونه لگوم (نخود و ماش) به‌عنوان گیاه همراه در طول دوره رشد این گیاه کاشته شد. تیمارها شامل نسبت‌های مخلوط ۷۵ درصد چغندرقند + ۲۵ درصد لگوم (نخود و ماش)، ۵۰ درصد چغندرقند + ۵۰ درصد لگوم (ماش و نخود) و ۲۵ درصد چغندرقند + ۷۵ درصد لگوم (ماش و نخود) و کشت خالص نخود (C)، ماش (M) و چغندرقند (S) در سری‌های جایگزینی بود. تراکم مطلوب برای چغندر شش بوته در مترمربع و برای نخود و ماش ۲۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. صفات مورد مطالعه شامل اجزای عملکرد و عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در نخود و ماش و برای چغندرقند شامل عملکرد تر و خشک غده، عیار قند و عملکرد قند و نسبت برابری زمین بود. نتایج نشان داد که اثر ترکیب‌های کشت مخلوط بر اجزای عملکرد و عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک نخود و ماش معنی‌دار (p≤۰/۰۵) بود. همچنین در مورد صفات مورد مطالعه چغندرقند نیز به‌جز صفت وزن خشک غده که در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود، سایر صفات در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نتایج نشان داد، بیشترین عملکرد دانه نخود مربوط به تیمار خالص (C) (با ۲۹۱۲ کیلوگرم در هکتار) بود و بالاترین عملکرد ماش را تیمار خالص (M) (با ۱۲۴۷/۸۳ کیلوگرم در هکتار) به خود اختصاص داد. همچنین در مورد عملکرد غده تر چغندر نیز بالاترین مقدار عملکرد را تیمار خالص (S) (با ۶۵۲۴۲ کیلوگرم در هکتار) دارا بود. ارزیابی نسبت برابری زمین نشان داد که بالاترین LER را نسبت ۷۵ درصد لگوم (نخود و ماش) و ۲۵ درصد چغندرقند به‌میزان ۱/۵۳ به خود اختصاص داد و کمترین آن را نسبت ۲۵ درصد لگوم (نخود و ماش) و ۷۵ چغندرقند به‌میزان ۰/۶۱ دارا بود. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از نظام کشت مخلوط چغندرقند با لگوم اثربخش بوده و به‌عنوان راهکار مناسبی در راستای تولید چغندرقند و لگوم نسبت به نظام‌های تک کشتی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: سری جایگزینی، عیار قند، فشرده‌سازی اکولوژیک، نسبت برابری زمین

۱- استاد گروه اگروتکنولوژی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
۲- دانشجوی دکتری بوم‌شناسی زراعی (اگرواکولوژی)، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: akooch@um.ac.ir)

DOI: 10.22067/agry.2022.20158.0

مقدمه

فشرده‌سازی کشاورزی شیوه‌ای از تولید می‌باشد که در آن افزایش عملکرد محصول، با حداقل اثرات زیست محیطی منفی در بهره‌وری کشاورزی، با ادغام کردن مدیریت خدمات اکوسیستم از جمله تنوع زیستی به همراه است (Bommarco et al., 2013). جامعه باید تأمین‌کننده امنیت غذایی محلی و جهانی باشد، به‌طوری‌که موجود بودن غذا، دسترسی به غذا و پایداری در دریافت غذا سه عنصر اصلی در ایجاد امنیت غذایی می‌باشند (Seyedhamzeh & Damari, 2017). برای حمایت از دسترسی به غذا، در دهه‌های گذشته تولید محصولات کشاورزی با کنار گذاشتن روش‌های سنتی و بدون توجه به خدمات اکوسیستم و جایگزین کردن آن‌ها با نهاده‌های خارجی افزایش یافته است. گرچه این رویکرد تاکنون برای رفع نیازهای جهانی به‌ویژه غذا موفق بوده است، امّا هزینه‌های زیستی محیطی را کاهش داده است. از جمله اثراتی که مصرف بی‌رویه نهاده‌ها بر محیط زیست گذاشته‌اند، شامل آلودگی آب، بر هم زدن تعادل چرخه‌های طبیعی و هیدرولوژیکی زمین بوده که سبب بروز تغییر اقلیم، تخریب اکوسیستم‌های آبی و مشکلاتی برای سلامتی انسان شده است (Bommarc et al., 2018). پیش‌بینی شده است که تا اواسط قرن ۲۱، جمعیت جهان به بیش از نه میلیارد نفر می‌رسد که همچنان نیز رشد خواهد داشت. برای تأمین نیازهای کالری و پروتئین این جمعیت، بایستی تولید دو برابر شود که دستیابی به این هدف محدودیت‌های محیط زیستی بی‌سابقه‌ای را به دنبال دارد. در حالت ایده‌آل این چالش می‌تواند از طریق فشرده‌سازی پایدار ضمن بهبود بهره‌وری و حفظ خدمات اکوسیستم فراهم شود (Martin-Guay, 2018).

امروزه الگوی تولید محصولات زراعی به‌تدریج از اصول اکولوژیک به‌سمت دیدگاه‌های اقتصادی پیش رفته که این امر نه تنها مخاطرات زیادی را از جمله تخریب منابع طبیعی و تغییر کاربری زمین را سبب شده، بلکه کاهش کارایی مصرف نهاده‌ها را به دنبال داشته است (Koocheki et al., 2016b). روش‌های مختلفی برای دستیابی به پایداری در نظام‌های تولید وجود دارد که از جمله آن‌ها می‌توان کشاورزی حفاظتی، تنوع زیستی، گیاهان پوششی، جنگل زراعی، استفاده از مالچ، استفاده صحیح از کودها و مواد آلی، مدیریت یکپارچه مواد مغذی، مدیریت تلفیقی آفات و بیماری‌ها و کشت مخلوط با حبوبات نام برد (Raseduzzaman, 2016). سیستم‌های کشت مخلوط در راستای بهره‌گیری از اصول کشاورزی اکولوژیک از روش‌های بسیار مناسب با حداقل اثرات سوء بر محیط زیست می‌باشند. در این بین انتخاب گونه‌هایی با نیازها و قدرت رقابتی متفاوت حائز اهمیت است و کشت گونه‌های بقولات با غیر بقولات یکی از روش‌های بالقوه کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی از جمله نیتروژن می‌باشد (Koocheki et al., 2016a).

کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2017) بررسی کشت مخلوط تأخیری گندم زمستانه (*Triticum aestivum* L.) و چغندرقند نشان داده شد که استفاده از مخلوط‌های تأخیری راهکار مناسبی برای استفاده بهتر از منابع نیتروژن و افزایش عملکرد در مقایسه با کشت متوالی گونه‌های پاییزه و بهاره می‌باشد. در پژوهشی روی کشت مخلوط ارزن معمولی (*Panicum miliaceum* L.) و سویا (*Glycine max* L.) نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد دانه ارزن در نسبت‌های (۶۷ درصد سویا: ۳۳ درصد ارزن) و (۵۰ درصد سویا: ۵۰ درصد) به‌دست آمد و بیشترین عملکرد دانه سویا نیز در نسبت ۵۰ درصد سویا: ۵۰ درصد ارزن مشاهده شد (Hajinia, et al., 2018). نتایج تحقیق مبصر و همکاران (Mobasser et al., 2018) در کشت مخلوط جایگزینی ذرت (*Zea mayes* L.) و سیب‌زمینی (*Solanuum tuberosum* L.) نشان داد بالاترین میزان عملکرد دانه ذرت در تیمار کشت جایگزینی دو ردیف ذرت + یک ردیف سیب‌زمینی مشاهده شد.

نتایج پژوهشی بر روی کشت مخلوط سیاهدانه (*Nigella sativa* L.)، نخود و لوبیا (*Phaseoluse vulgaris* L) نشان داد که نسبت برابری زمین بیش از یک بود و این برتری کشت مخلوط را نسبت به تک‌کشتی نشان می‌دهد (Koocheki et al., 2014). محققین در بررسی روی کشت مخلوط چای ترش (*Hibiscus sabdariffa*) و ماش اعلام نمودند که نسبت برابری زمین بالاتر از یک (۱/۳۶) به‌دست آمد. همچنین اهمیت کشت مخلوط لگوم و گیاه دارویی در استفاده بهینه از منابع طبیعی، افزایش حاصلخیزی خاک و سودمندی بیشتر آن را نسبت به کشت خالص چای ترش و ماش تأیید کردند (Hodiani Mehr et al., 2017). با توجه به نیاز بالای چغندرقند به نیتروژن، به نظر می‌رسد کشت مخلوط این گیاه با لگوم‌ها می‌تواند نقش مهمی در تأمین نیاز به نیتروژن این گیاه ایفا نماید. همچنین

به‌دلیل طولانی بودن دوره رشد این گیاه، دو لگوم زمستانه و بهاره به‌ترتیب که شامل نخود و ماش بود را در طول دوره رشد این گیاه کاشته شد تا حد امکان گیاه با کمبود نیتروژن مواجه نشود. در این مطالعه، رشد و عملکرد چغندرقند در سری‌های جایگزینی با بقولات متفاوت بسته به نوع گونه لگوم در فصل رشد مورد بررسی قرار گرفت. بر این اساس، این مطالعه با هدف بررسی اثر کشت مخلوط تأخیری نخود و ماش با چغندرقند بر عملکرد و اجزای عملکرد و نسبت برابری زمین در شرایط آب و هوایی مشهد اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل کشت خالص گیاهان زراعی چغندرقند (S)، نخود (C) و ماش (M) و سری‌های جایگزینی با نسبت‌های ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد کشت مخلوط چغندرقند با سایر گیاهان (لگوم‌ها) بود.

زمین مورد استفاده در سال قبل از اجرای آزمایش تحت آیش قرار داشت. به‌منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از اجرای آزمایش نمونه‌برداری از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک انجام شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر)

Table 1- Soil physical and chemical characteristics of the experiment field (0-30 cm depth)

بافت Texture	هدایت الکتریکی EC (dS.m^{-1})	اسیدیته pH	کربن آلی Organic C (%)	نیتروژن کل Total N (%)	فسفر قابل دسترس Available P (mg.kg^{-1})	پتاسیم قابل‌دسترس Available K (mg.kg^{-1})
لوم سیلتی Silty loam	1.70	7.65	0.65	0.068	47.1	356

به‌دلیل طولانی‌تر بودن دوره رشد چغندرقند نسبت به دو گیاه دیگر، در تیمارهای مخلوط، چغندرقند با نسبت‌های بیان شده به‌صورت همزمان با نخود کشت شد. پس از برداشت محصول نخود و جمع‌آوری بوته‌ها، ماش به‌صورت تأخیری کشت و جایگزین نخود شد و بنابراین نسبت‌های کشت قبلی برای ماش نیز حفظ شد. بر این اساس، تیمارهای کشت مخلوط شامل کشت همزمان چغندرقند و نخود به‌صورت 25S:75C، 50S:50C و 75S:25C و همچنین کشت تاخیری چغندرقند با ماش به‌صورت 25S:75M، 50S:50M و 75S:25M بود. تیمارهای کشت مخلوط برای نسبت برابری زمین 25%S+75%L، 50%S+50%L و 75%S+25%L در نظر گرفته شد. عملیات آماده‌سازی زمین و تهیه بستر کاشت با استفاده از گاوآهن برگردان‌دار و دو بار دیسک عمود بر هم در اسفند ماه انجام شد. سپس با استفاده از فاروئر، ردیف‌های کشت به عرض ۵۰ سانتی‌متر ایجاد شد. ابعاد کرت‌ها ۳×۳/۵ متر و در داخل هر کرت شش ردیف کاشت در نظر گرفته شد. فاصله کرت‌ها از یکدیگر و فاصله بلوک‌ها از یکدیگر یک متر در نظر گرفته شد. در این پژوهش از بذر چغندرقند رقم بریجیتا، ماش سبز توده گنبد کاووس و نخود کرمانشاهی استفاده شد. کاشت نخود و چغندرقند بر روی ردیف‌های کاشت جدا، همزمان در ۲۰ اسفند و کاشت ماش در پنج مرداد ماه به‌صورت دستی انجام گرفت. پس از کاشت به‌منظور سهولت در جوانه‌زنی و سبز شدن بذرها بلافاصله آبیاری شد و پس از سبز شدن، دور آبیاری هر هفت روز به‌صورت نشتی انجام شد. در مرحله چهار برگی، نخود و ماش با تراکم مطلوب ۲۰ بوته در مترمربع (Koocheki et al., 2016) و چغندرقند با تراکم شش بوته در مترمربع تنک شدند. وجین علف‌های هرز بنا به ضرورت در طول فصل رشد در سه نوبت انجام گرفت بدین‌گونه که در اواخر زمستان همزمان با کشت چغندرقند، نخود گونه همراه بود و پس از رسیدن و برداشت نخود در انتهای فصل رشد در تیرماه، ماش به‌عنوان لگومی گرمادوست و تابستانه، جایگزین شد. در پایان فصل رشد، خصوصیات رشدی و اجزای عملکرد ماش شامل ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن ۱۰۰ دانه و برای نخود نیز شامل ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد غلاف پوک در بوته،

تعداد دانه در بوته، وزن دانه در بوته، تعداد دانـه در غـلاف، وزن ۱۰۰ دانه از میانگین پنج بوته که به‌صورت تصادفی انتخاب شده بـه‌دسـت آمد. برداشت نخود در اول مرداد، ماش در اوایل مهر مـاه و چغندرقنـد در ۳۰ آبان ماه انجام شد. عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیـک از سـطح یک مترمربع با رعایت اثر حاشیه‌ای برداشت و در هوای آزاد نمونه‌هـا جداگانه خشک شد. پس از خشک شـدن بوتـه‌هـا تـوزین و عملکـرد بیولوژیک تعیین شد. سپس وزن دانه‌ها انـدازه‌گیـری و عملکـرد دانـه برآورد گردید. برداشت چغندرقند در انتهـای آبـان مـاه از سـطح یـک مترمربع با رعایت اثر حاشیه‌ای از داخل هر کرت انجام گرفت. پس از برداشت، غده‌های چغندرقند برگ‌زنی شدند و اندام‌های هوایی در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت خشک شدند و سپس وزن خشک تعیین گردید. بـرای بـه‌دسـت آوردن طـول غـده بعـد از برداشت قسمتی از غده‌ها که در قسمت بیرونی زمین واقع شده بودند، نادیده گرفته شد و اندازه‌گیری از محل زیـر طوقـه تـا انتهـای ریشـه انجام گرفت؛ برای این کار از هر کرت چند نمونه به‌صـورت تصـادفی انتخاب و با استفاده از خط کش طول غده‌ها اندازه‌گیری شـد. سـپس غده‌های هر کرت جداگانه توزین شد تا وزن غـده‌تـر محاسـبه شـود. سپس غده‌ها خرد شده و داخل آون بـا دمـای ۷۵ درجـه سـانتی‌گـراد به‌مدت ۷۲ ساعت گذاشته شدند تا وزن خشک آن‌هـا بـه‌دسـت آیـد. اندازه‌گیری عیار قند با اسـتفاده از دسـتگاه Betalyzer در آزمایشـگاه صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجـام شـد. لازم به ذکر اسـت کـه عملکـرد بـرای نخـود و مـاش دانـه و بـرای چغندرقند وزن تر غده در نظر گرفته شد.

برای ارزیابی کشت مخلوط چغندرقند، نخود و ماش در مقایسه بـا کشت خالص گونه‌ها شاخص نسبت برابری زمین (LER) از معادلـه ۱ محاسبه شد.(Gliessman, 1997) .

معادله (۱) $$LER= (Y_1/B_1)+(Y_2/B_2)+(Y_3/B_3)$$

که در آن، Y_1، Y_2 و Y_3: به‌ترتیب عملکرد گونه‌های نخود، ماش و چغندرقند در کشت مخلوط و B_1، B_2 و B_3: نیز عملکرد گونـه‌هـای نخود، ماش و چغندرقند در کشت خالص است.

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و رسـم شـکل‌هـا بـه‌ترتیـب از نـرم افزارهای SAS ver.9.2 و MS Excel و برای مقایسه میانگین‌هـا از آزمون چنددامنه‌ای دانکـن (DMRT) در سـطح احتمـال پـنج درصـد استفاده شد.

نتایج و بحث

عملکرد و اجزای عملکرد نخود

نتایج تجزیه واریانس نخود نشان داد که اثر ترکیب‌هـای مختلـف کاشت مخلوط با چغندرقند بر ارتفاع بوته در سطح احتمال پنج درصـد معنی دار بود و در صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد غـلاف پـوک در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، وزن دانـه در بوتـه، وزن ۱۰۰ دانه نخود در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بـود (جـدول ۲). همچنین صفات تعداد شاخه جانبی و شـاخص برداشـت نخـود تحـت تأثیر معنی‌دار نسبت‌های کشت مخلـوط بـا چغندرقنـد قـرار نگرفتنـد (جدول ۲).

ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوتـه و تعـداد غـلاف پـوک در بوته نخود

نتایج مقایسه میانگین اثر ترکیب‌های مختلف کاشـت مخلـوط بـا چغندر قند از نظر ارتفاع بوته نخود نشان داد که بـالاترین و کمتـرین ارتفاع بوته به‌ترتیب مربوط بـه تیمـار C50S50 و خـالص نخـود (C) (به‌ترتیب با ۵۵/۵ و ۴۸/۷ سانتی‌متر) می‌باشـد (جـدول ۳). همچنـین بین تیمار C25S75 با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشـد. نتایج پژوهشی بر روی جو و نخود نشان داد که ارتفاع بوتـه نخـود در کشت مخلوط بالاتر از کشت خالص بود که علـت ایـن امـر بـه‌دلیـل رقابت گیاهان بر سر جذب نور در نتیجه افزایش سرمایه‌گذاری گیاهان برای بهبـود ارتفـاع بوتـه اسـت(Hamzei et al., 2013). سـیدی و همکاران (Seyedi et al., 2012) با بررسی کشت مخلـوط نخـود بـا جو اعلام نمودند که ارتفاع بوته در کشت مخلـوط نسـبت بـه کشـت خالص بیشتر بوده است که دلیل این امر رقابت دو گونه برای دریافت نور ذکر شده است. بالاترین تعداد غلاف در بوته مربوط به تیمارهـای C50S50 (به‌میزان ۶۷/۷۵ غـلاف در بوتـه) و C25S75 (بـا ۷۳/۶۲ غلاف در بوته) بـود کـه بـا تیمـار خـالص (C) و C75S25 اخـتلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۳).

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و اجزای عملکرد نخود و ماش در نسبت‌های کشت مخلوط تأخیری با چغندرقند

Table 2- Analysis of variance (mean of squares) for yield and yield components of chickpea and mung bean as affected by relay intercropping ratios with sugar beet

	منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه جانبی No. of branches per plant	تعداد غلاف در بوته No. of pods per plant	تعداد غلاف پوک در بوته No. of hollow pod per plant	تعداد دانه در غلاف No. of seeds per pod	تعداد دانه در بوته No. of seeds per plant	وزن دانه در بوته Seed weight per plant	وزن ۱۰۰ دانه 100-seed weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
Chickpea نخود	بلوک Block	2	14.06^{ns}	0.024^{ns}	21.15^{ns}	1.56^{ns}	0.022*	22.36^{ns}	39.46^{ns}	24.55^{ns}	1034.86^{ns}	360820.31^{ns}	21.43^{ns}
	تیمار Treatment	3	38.12*	0.42^{ns}	887.02**	65.37**	0.032**	507.66**	1030.84**	1449.34**	1683549.47**	13627929.69**	44.79^{ns}
	خطا Error	6	7.35	0.024	38.56	8.68	0.003	36.42	18.59	10.38	138587.48	308945.31	23.20
	ضریب تغییرات CV (%)		5.26	4.86	11.08	19.98	4.68	12.35	13	5.20	20.12	10.51	13.65
Mung bean ماش	بلوک Block	2	137.85*	0.43^{ns}	120.25^{ns}	-	0.676^{ns}	-	-	0.125^{ns}	3854.07^{ns}	3715833^{ns}	36.26^{ns}
	تیمار Treatment	3	158.41**	3.86**	232.41*	-	18.75**	-	-	0.397**	643359.71**	29007431**	5.911^{ns}
	خطا Error	6	13.84	0.298	47.13	-	1.184	-	-	0.080	6452.91	1046388.9	3
	ضریب تغییرات CV (%)		9.47	16.81	36.86	-	10.23	-	-	4.88	10.19	20.44	10.32

ns، * و **: غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns, * and **: are non-significant and significant at 5 and 1 probability percent, respectively.

کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2014) با بررسی کشت مخلوط سیاهدانه، نخود و لوبیا بیان کردند که تعداد غلاف در بوته در تمامی گیاهان در کشت مخلوط بالاتر از کشت خالص بود. در بررسی دیگری بر روی کشت مخلوط لوبیا با آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) اعلام شد که تعداد غلاف در بوته لوبیا در کشت مخلوط بالاتر از خالص بود(Hamzeei & Babaei, 2016).. نصرالهزاده اصل و همکاران (Nasrollahzadeh Asl et al., 2012) نیز بیان کردند که بیشترین تعداد غلاف در بوته لوبیا در کشت مخلوط با آفتابگردان مربوط به تیمارهای مخلوط بود. از نظر تعداد غلاف پوک در بوته نیز بالاترین تعداد غلاف پوک مربوط به تیمار C25S75 بوده و کمترین آن مربوط به تیمار C75S25 بود. تعداد دانه در غلاف نیز مشابه تعداد غلاف پوک در بوته نتایج مشابهی داشت؛ به‌طوری‌که بالاترین و کمترین آن به‌ترتیب مربوط به تیمارC25S75 و C75S25 که به‌ترتیب به‌میزان ۱/۳۷ و ۱/۲۵ دانه در بوته بود (جدول ۳). تعداد دانه در غلاف، بیانگر ظرفیت مخزن گیاه بوده و هر چه تعداد دانه بیشتر باشد، گیاه دارای مخزن بزرگ‌تری برای دریافت مواد فتوسنتزی است که در نهایت، افزایش این صفت موجب افزایش عملکرد دانه خواهد شد (Rezaei-Chiyaneh & Gholinezhad, 2015). کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2009) در بررسی بر روی کشت مخلوط لوبیا و ذرت بیان کردند با کاهش نسبت لوبیا در مخلوط، تعداد دانه در غلاف از چهار به یک کاهش یافت.

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد نخود و ماش تحت تأثیر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط جایگزینی با چغندرقند

Table 3- Mean comparison by for the yield and yield components of chickpea and mung bean as affected different intercropping ratios replacement with sugar beet

تیمارهای کشت مخلوط Intercropping treatments	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد شاخه جانبی No. of branches per plant	تعداد غلاف در بوته No. of pods per plant	تعداد غلاف پوک در بوته No. of hollow pods per plant	تعداد دانه در غلاف No. of seeds per pod	تعداد دانه در بوته No. of seeds per plant	وزن دانه در بوته Seed weight (g.plant^{-1})	وزن ۱۰۰ دانه 100-seed weight (g)
C25+S75	53.5^{ab*}	-	73.6^{a}	20^{a}	1.3^{a}	61.3^{a}	58.4^{a}	93.3^{a}
C50+S50	55.5^{a}	-	67.7^{a}	17.2^{ab}	1.3^{ab}	58.7^{a}	32.8^{b}	58.6^{b}
C75+S25	48.2^{b}	-	39^{b}	10^{c}	1.1^{c}	37^{b}	14.2^{c}	42.9^{c}
C	48.7^{b}	-	43.7^{b}	11.7^{bc}	1.2^{b}	38.2^{b}	27.2^{b}	52.4^{b}
M25+S75	28.6^{b}	1.6^{b}	5.5^{b}	-	6.8^{b}	-	-	5.6^{b}
M50+S50	42.5^{a}	3.6^{a}	23.8^{a}	-	11.8^{a}	-	-	6.3^{a}
M75+S25	40.9^{a}	3.3^{a}	21.6^{a}	-	12^{a}	-	-	5.5^{b}
M	45^{a}	4.3^{a}	23.5^{a}	-	11.7^{a}	-	-	5.7^{b}

C، M و S: به‌ترتیب نشان‌دهنده نخود، ماش و چغندرقند می‌باشد.

C, M, and S: are chickpea, mung bean, and sugar beet, respectively.

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون و برای هر گیاه، بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

* Means with the same letter(s) in each column and for each component have no significant difference at 5% probability level based on Duncan's test.

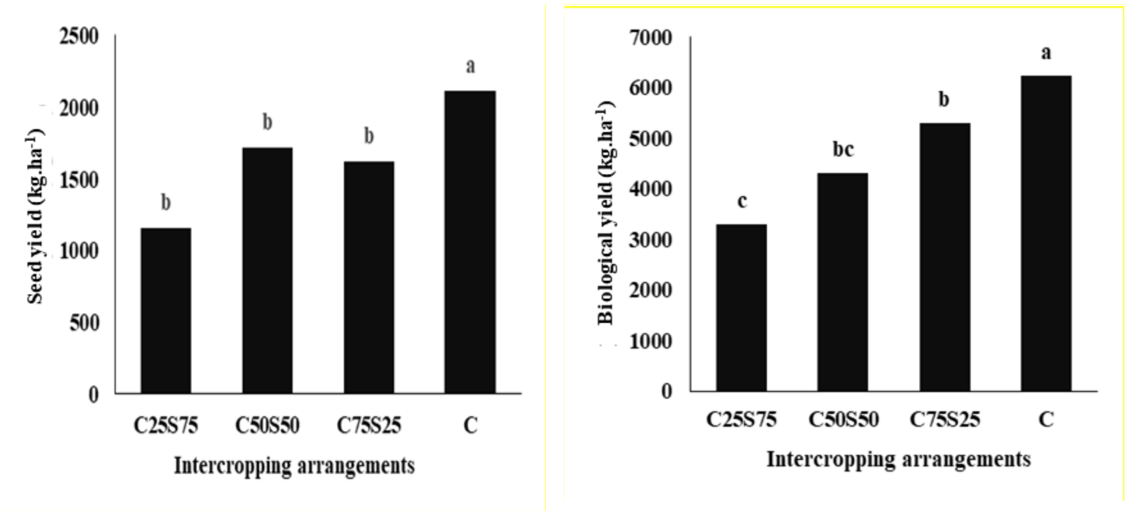
تعداد دانه در بوته، وزن دانه در بوته و وزن ۱۰۰ دانه نخود

نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیشترین تعداد دانه در بوته، وزن دانه در بوته و وزن ۱۰۰ دانه در تیمار C25S75 و کمترین آن در این صفات در تیمار C75S25 مشاهده شد. هرچند از نظر صفت تعداد دانه در بوته بین تیمارهای C25S75 و C50S50 اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، امّا این دو تیمار با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشتند. همچنین بین تمامی تیمارها از نظر وزن دانه در بوته نیز اختلاف معنی‌دار مشاهده شد. در صفت وزن ۱۰۰ دانه بین تیمار C25S75 اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشتند، ولی بین تیمار C50S50 و کشت خالص (C) اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، ولی با تیمار C75S25 اختلاف داشتند (جدول ۳). قلعه‌نویی و همکاران (Ghale Noyee et al., 2017). محققین در پژوهشی بیان کردند تعداد و وزن دانه در بوته تابع تعداد و وزن غلاف در بوته و همچنین تعداد و وزن دانه در غلاف می‌باشد، بنابراین تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف سبب تغییرات مشابهی در تعداد و وزن دانه در

بوته می‌شود. قلعه‌نویی و همکاران. در آزمایشی بر روی کشت مخلوط کنجد و لوبیا بیان داشتند که بالاترین تعداد دانه در بوته ۶۱/۸۳ دانه بود. پور امیر و همکاران (Pooramir et al., 2010) در پژوهشی بر روی کنجد و نخود گزارش کردند، بالاترین وزن هزار دانه نخود در بین تیمارهای آزمایش، برای تیمار ۱۰ درصد نخود + ۱۰۰ درصد کنجد مشاهده شد.

عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک نخود

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که بین تیمارها از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری وجود دارد که بیشترین و کمترین عملکرد دانه به‌ترتیب مربوط به تیمار خالص (C) (به‌میزان ۲۱۱۲ کیلوگرم در هکتار) و تیمار C25S75 (به‌میزان ۱۱۵۴/۶ کیلوگرم در هکتار) بود که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشت، درحالی‌که سایر تیمارها باهم از نظر عملکرد دانه اختلافی مشاهده نشد (شکل ۱). نتایج مربوط به عملکرد بیولوژیک در شکل ۱ نشان داده شده و بیانگر این موضوع است که مشابه نتایج عملکرد دانه، بیشترین عملکرد بیولوژیک مربوط به تیمار خالص (C) (به‌میزان ۶۲۳۷/۵ کیلوگرم در هکتار) بود و کمترین میزان به تیمار C25S75 (به‌میزان ۳۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) اختصاص داشت (شکل ۱).



شکل ۱- مقایسه میانگین عملکرد دانه و بیولوژیک نخود تحت تأثیر ترکیب‌های کشت مخلوط جایگزینی با چغندرقند

Fig. 1- Mean comparison for seed yield and biological yield of chickpea affected as intercropping arrangements replacement with sugar beet

C و S: به‌ترتیب نشان‌دهنده نخود و چغندرقند می‌باشد.

and S: are chickpea and sugar beet, respectively. C

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with the same letter(s) in each figure have no significant difference at 5% probability level based on Duncan's test

نتایج آزمایش کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2016b) نیز نشان داد که بالاترین عملکرد دانه و بیولوژیک لوبیا در کشت مخلوط با کنجد و آفتابگردان در کشت خالص به‌دست آمد. در پژوهشی دیگر بر روی کشت مخلوط جو با حبوبات اعلام شد که بیشترین میزان عملکرد دانه در تیمار خالص برای نخود به‌دست آمد که دلیل آن به بالاتر بودن تراکم کشت هر یک از گیاهان در تک‌کشتی‌ها نسبت داده شد. اظهارات مشهدی و همکاران (Mashhadi et al., 2015) در بررسی که بر روی کشت مخلوط نخود با گندم انجام دادند نشان داد حداکثر عملکر دانه نخود در تیمار خالص به‌دست آمد و علت کاهش عملکرد دانه در تیمار مخلوط را رقابت شدید گندم با نخود بیان کرد.

عملکرد و اجزای عملکرد ماش

نتایج تجزیه واریانس داده‌های ماش نشان داد، اثر ترکیب‌های مختلف کاشت بر صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد دانه و عملکرد

بیولوژیک معنی‌دار (p≤۰/۰۱) بود (جدول ۲).

ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف ماش

مقایسه میانگین‌ها نشان داد بین الگوهای مختلف کشت مخلوط با چغندرقند از نظر صفات ارتفاع بوته و تعداد شاخه جانبی، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف ماش اختلاف معنی‌داری مشاهده شد به‌طوری‌که تیمار M25S75 در تمامی صفات کمترین مقدار را دارا بود و با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشت، درحالی‌که بین سایر تیمارهای مخلوط اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. بالاترین ارتفاع بوته مربوط به تیمار خالص به‌میزان ۴۵ سانتی‌متر و کمترین آن ۲۸/۶۶ سانتی‌متر بود. بیشترین و کمترین تعداد شاخه جانبی به‌ترتیب ۴/۳۳ و ۱/۶۶ شاخه در تیمار خالص و تیمار M25S75 مشاهده شد (جدول ۳). نتایج پژوهشی نشان داد که تعداد شاخه جانبی نخود در کشت مخلوط با جو، در تیمارهای کشت مخلوط نسبت به کشت خالص کاهش یافت که دلیل این امر را کاهش منابع محیطی در دسترس گیاهان و از طرفی افزایش رقابت درون گونه‌ای و بین گونه‌ای مربوط دانستند (Seyedi et al., 2012). روند مشابهی در تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف نیز مشاهده شد، به‌نحوی‌که بیشترین تعداد غلاف در بوته به‌میزان ۲۳/۸۰ در تیمار M50S50 و کمترین مقدار آن را تیمار M25S75 با ۵/۵۰ به خود اختصاص داد که البته تیمار M25S75 با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشته و سایر تیمارها باهم اختلافی نداشتند. تعداد دانه در غلاف در تیمار M75S25 بالاترین مقدار (به‌میزان ۱۲ دانه) را داشت که تنها با تیمار M25S75 اختلاف معنی‌دار داشت. کمترین تعداد دانه در غلاف مربوط به تیمار M25S75 (به‌میزان ۶/۸۸ دانه) بود.

وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک ماش

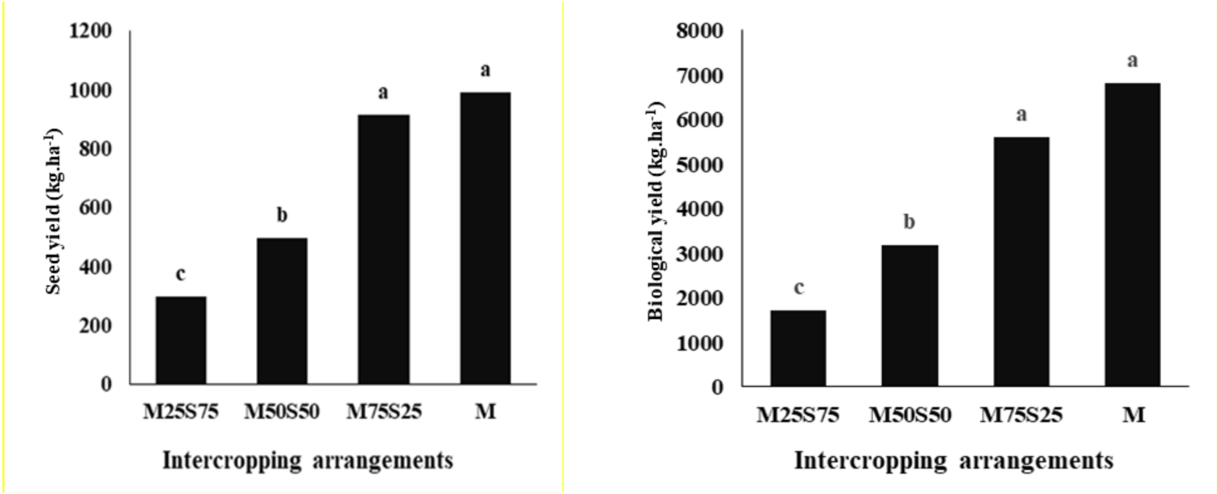
نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بین الگوهای مختلف کشت مخلوط با چغندرقند از نظر وزن ۱۰۰ دانه ماش تفاوت معنی‌داری وجود دارد، به‌طوری‌که بالاترین و کمترین وزن ۱۰۰ دانه به‌ترتیب در تیمار M50S50 (به‌میزان ۶/۳۳ گرم) و تیمار M75S25 (به‌میزان ۵/۵۰ گرم) مشاهده شد. همچنین بین تیمار M50S50 با سایر تیمارهای مخلوط اختلاف معنی‌داری وجود دارد، ولی بین سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). در پژوهشی محققین بیان نمودند که بالاترین میزان عملکرد دانه در تیمار خالص ماش به‌میزان ۹۸۳/۹۸ کیلوگرم در هکتار در کشت مخلوط آفتابگردان و ماش مشاهده شد (Anas et al., 2017). نتایج این محققین همچنین نشان داد که بالاترین میزان وزن هزار دانه (۴۴/۸۸ گرم) در تیمار خالص مشاهده شد. میرشکاری (Mirshekari, 2016) نیز اعلام نمود بیشترین میزان عملکرد دانه ماش در کشت مخلوط با همیشه‌بهار در تیمار خالص مشاهده شد.

همان‌طور که در شکل ۲ ملاحظه می‌شود، عملکرد دانه تحت تأثیر الگوهای کشت مخلوط قرارگرفته، به‌نحوی‌که بین تیمارها اختلاف معنی‌داری به‌وجود آمده و بالاترین میزان عملکرد ماش را تیمار خالص (M) (به‌میزان ۹۸۷/۸۳ کیلوگرم در هکتار) به خود اختصاص داده که با تیمار M75S25 اختلاف معنی‌داری نداشت، ولی این دو تیمار با سایر تیمارها اختلاف دارند. کمترین عملکرد دانه مربوط به تیمار M25S75 (به‌میزان ۲۹۷/۸۰ کیلوگرم در هکتار) می‌باشد (شکل۲). نتایج مربوط به عملکرد بیولوژیک نیز نشان داد که بالاترین عملکرد بیولوژیک مربوط به تیمار خالص (M) (۶۸۱۶/۷ کیلوگرم در هکتار) و پس از آن تیمار M75S25 (به‌میزان ۵۶۰۰ کیلوگرم در هکتار) به خود اختصاص داده و کمترین عملکرد بیولوژیک را تیمار M25S75 (به‌میزان ۱۷۱۶/۷ کیلوگرم در هکتار) دارا بود (شکل ۲).

در آزمایشی دیگر نیز بالاترین میزان عملکرد دانه ماش (۱۶۷۶ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد بیولوژیک (۵۲۷۴ کیلوگرم در هکتار) در تیمار خالص ماش مشاهده شد (Koocheki et al., 2016a) که با نتایج پیش رو همخوانی دارد.

عملکرد و اجزای عملکرد چغندرقند: تجزیه واریانس نشان داد اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط تأخیری با دو گیاه نخود و ماش بر صفات طول غده، عملکردتر غده، عیار قند، عملکرد قند و وزن خشک اندام‌های هوایی چغندرقند در سطح احتمال یک درصد و تنها وزن خشک غده در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۴).

مقایسه میانگین اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط جایگزینی با ماش و نخود بر عملکرد و اجزای عملکرد چغندرقند در شکل ۳ و جدول ۵ نشان داده شده است.



شکل ۲- مقایسه میانگین عملکرد دانه و بیولوژیک ماش تحت تأثیر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط جایگزینی با چغندرقند

Fig. 2- Mean comparisons for yield seed and biological yield of mung bean affected as intercropping arrangements replacement with sugar beet

M و S: به‌ترتیب نشان‌دهنده ماش و چغندرقند می‌باشد.

M and S: are mung bean and sugar beet, respectively.

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with the same letter(s) in each figure have no significant difference at 5% probability level based on Duncan's test.

جدول ٤- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و اجزای عملکرد چغندرقند تحت تأثیر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط با نخود و ماش

Table 4- Analysis of variance (mean of squares) for yield and yield components of sugar beet as affected by intercropping ratios with chickpea and mung bean

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	طول غده Root height	وزن تر غده Fresh root yield	وزن خشک غده Dry root yield	وزن خشک اندام‌های هوایی Shoot dry weight	عیار قند Sucrose	عملکرد قند Sucrose yield
بلوک Block	2	2.64^{ns}	67895677*	316206.67**	34427.08^{ns}	0.152^{ns}	2245408.6*
نسبت‌های کشت مخلوط با لگوم Intercropping ratios with legume	3	38.05**	5013037135**	137926.4*	23248750**	13.46**	203689558**
خطا Error	6	3.15	8746927	24525.53	367343.75	0.132	283735.7
ضریب تغییرات CV (%)		5.38	3.83	8	9	2.26	4.95

نتایج مقایسه میانگین ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط چغندرقند با لگوم‌ها نشان داد که تمامی ترکیب‌های کشت مخلوط با یکدیگر اختلاف معنی‌دار داشته‌اند (جدول ۵ و شکل ۳). بالاترین و کمترین مقدار عملکرد تر غده به‌ترتیب در تیمار خالص (S) (به‌میزان ۶۵۲۴۲ کیلوگرم در هکتار) و تیمار 25S75L (به‌میزان ۳۴۲۵۸ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد. در واقع به نظر می‌رسد که رقابت بین گونه‌ای بر درون گونه‌ای غلبه کرده است و گیاه چغندرقند توانسته عملکرد بیشتری را در کشت خالص نسبت به ترکیب‌های مخلوط داشته باشد

جدول ۵- مقایسه میانگین طول غده و وزن خشک اندام‌های چغندرقند در نسبت‌های کشت مخلوط با نخود و ماش

Table 5- Mean comparisons for length root and shoot dry weight of sugar beet affected as intercropping ratios with chickpea and mung bean

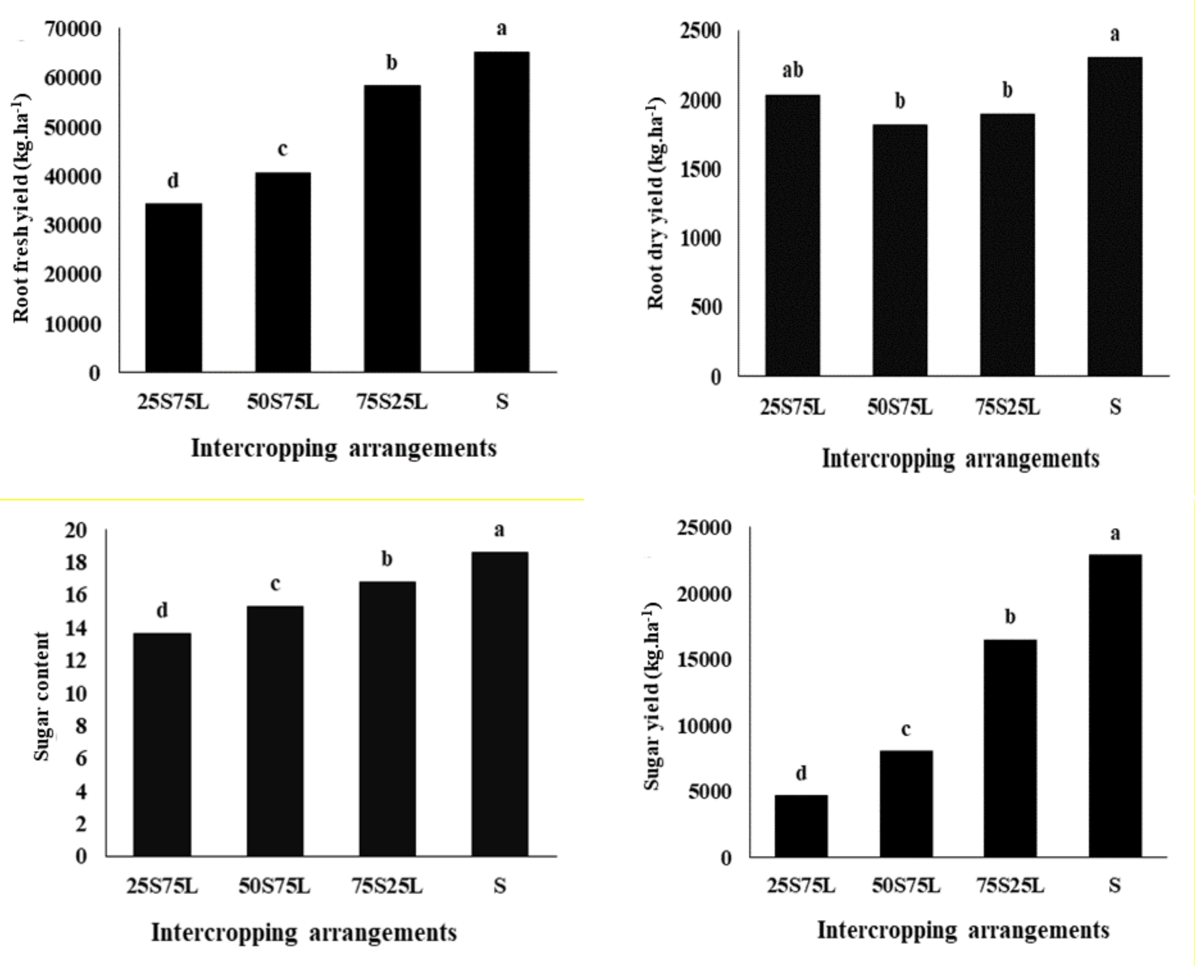
نسبت‌های کشت مخلوط Intercropping ratios	طول غده Root length (cm)	وزن خشک اندام‌های هوایی Shoots dry weight ($kg.ha^{-1}$)
25S+75L	37.010^{a*}	4916.7^{c}
50S+50L	28.36^{c}	4491.7^{c}
75S+25L	33.02^{b}	7416.7^{b}
S	33.66^{ab}	10541.7^{a}

L و S: به‌ترتیب نشان‌دهنده لگوم و چغندرقند می‌باشد.

L and S: are legume and sugar beet, respectively.

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

* Means with the same letter(s) in each column have not significant difference at 5% probability level based on Duncan’s test



شکل ۳- مقایسه میانگین عملکرد تر و خشک غده، عملکرد قند و عیار قند چغندرقند تحت تیمارهای کشت مخلوط با نخود و ماش

Fig. 3- Mean comparisons for fresh root yield, dry root yield, sugar yield, and sugar content of sugar beet affected as intercropping treatments whit chickpea and mung been

L و S: به‌ترتیب نشان‌دهنده لگوم و چغندرقند می‌باشد.

L and S: are legume and sugar beet, respectively.

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

.Means with the same letter(s) in each figure have no significant difference at 5% probability level based on Duncan's test

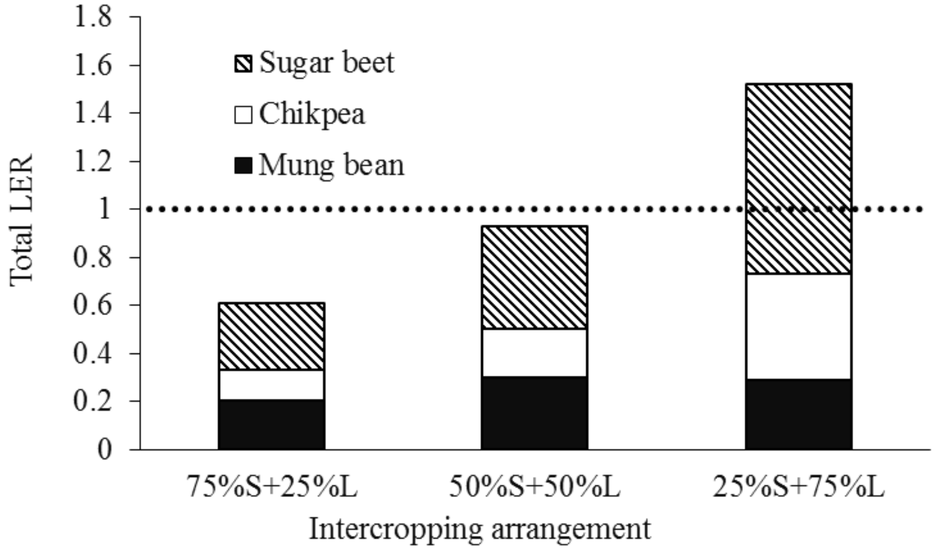
کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2017) در آزمایشی بر روی کشت مخلوط تأخیری چغندر و گندم بیان کردند، بیشترین عملکرد غده در کشت خالص چغندرقند (به‌میزان ۶۶ تن در هکتار) و کمترین آن مربوط به تیمار مخلوط تأخیری سه ردیف گندم و یک ردیف چغندرقند (۳۴/۴ تن در هکتار) بود. همچنین نتایج پژوهش خزائی (Khazei, 2015) نیز با این آزمایش هم‌خوانی داشت؛ به‌طوری‌که بالاترین میزان عملکرد غده چغندرقند در تیمار خالص (۶۱۷۳۳ کیلوگرم در هکتار) و تیمار نسبت کشت ۷۵ درصد ذرت + ۲۵ درصد چغندرقند (۱۳۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) کمترین عملکرد غده را دارا بودند.

از نظر وزن خشک غده نیز می‌توان بیان کرد که تیمار خالص (S) با تیمار 25S75L اختلاف معنی‌داری نداشت؛ ولی با دو تیمار 50S50L و 75S25L اختلاف معنی‌دار دارند. نتایج پژوهشی دو ساله بر روی کشت مخلوط چغندرقند و شبدر نشان داد که وزن تر غده در هر دو سال در تیمار خالص بیشترین مقدار (برای سال اول و دوم به‌ترتیب با ۶۷/۹۸ و ۷۷/۰۳ تن در هکتار) را به خود اختصاص داد که با نتایج این تحقیق حاضر هم‌خوانی دارد. همچنین بالاترین میزان وزن خشک غده در سال اول و دوم به‌ترتیب در تیمار خالص چغندرقند (به‌میزان ۲۶/۷۷ تن در هکتار) و تیمار ۱:۲ چغندرقند به شبدر (۲۵/۸۵ تن در هکتار) به‌دست آمد. (Edrees et al., 2019)همانند سایر صفات، بالاترین صفت عیار قند را تیمار خالص (S) (با ۱۸/۶درصد) به خود اختصاص داد و کمترین میزان عیار قند مربوط به تیمار 25S75L (به‌میزان ۱۳/۶۰ درصد) بود (شکل ۳). در بررسی کشت مخلوط چغندرقند با ذرت مشاهده شد که بیشترین عیار قند را تیمار خالص به‌میزان ۱۹/۴ درصد دارد و بعد از آن نسبت کشت ۲۵ درصد ذرت + ۷۵ درصد چغندرقند به‌میزان ۱۸/۶۳ درصد و کمترین میزان عیار قند در تیمار ۷۵ درصد ذرت + ۲۵ درصد چغندرقند (۱۳/۸۸) اعلام شد (Khazaie, 2015) که نتایج این پژوهش با تحقیق حاضر هم‌خوانی دارد. در تحقیقی دو ساله بر روی کشت مخلوط چغندرقند با پیاز و کلزا محققین اعلام نمودند، در سال-های اول و دوم بالاترین درصد عیارقند برای تیمار خالص (۱۷/۸۸–۱۷/۷۹ درصد) و کمترین میزان در تیمار کشت مخلوط با پیاز (۱۷/۰۴–۱۷/۱۸ درصد) به‌دست آمد (Masri & Safina, 2015). به نظر می‌رسد با توجه به اینکه فتوسنتز و در نهایت، ساخت کربوهیدرات در اندام‌های هوایی انجام می‌پذیرد، بنابراین هر چه فضا بازتر و شرایط برای چغندرقند مساعدتر باشد، برگ‌ها در شرایط بهتری قرار می‌گیرند و با افزایش نسبت لگوم‌ها در کشت مخلوط، شرایط به‌دلیل رقابت و سایه‌اندازی برای بوته‌های چغندرقند نامناسب می‌شود که کاهش عیار قند را موجب شده است. با توجه به اینکه درصد قند از تفاضل قند موجود در غده و قند ملاس به‌وجود می‌آید، تمامی عوامل مؤثر بر روی این فاکتورها بر عیارقند نیز مؤثر هستند. از آنجایی که در کشت خالص به‌خاطر پوشش کامل سطح خاک محتوی رطوبتی حفظ شده و از تنش رطوبتی نسبت به سایر تیمارهای مخلوط جلوگیری می‌شود، بنابراین می‌توان اظهار داشت که بالاترین میزان عیارقند در تیمار خالص به این دلیل می‌باشد. همچنین در کشت خالص به‌دلیل نبود رقابت بین گونه‌ای این صفت افزایش داشته است. از نظر عملکرد قند نیز بالاترین مقدار آن مربوط به تیمار خالص (S) به‌میزان ۲۲۸۶۸ کیلوگرم در هکتار و کمترین مقدار آن در تیمار 50S50L (به‌میزان ۸۰۳۸ کیلوگرم) مشاهده شد. سالاما و همکاران (Salama et al., 2016) در بررسی دوساله‌ای بر روی کشت مخلوط چغندرقند با گندم، جو (*Hordeum vulgare* L.) و باقلا (*Vicia faba* L.) اعلام نمودند، بالاترین میزان عملکرد قند در تیمار خالص به‌میزان به‌ترتیب در دو سال زراعی ۷۳۴۰ و ۷۴۱۰ کیلوگرم در هکتار بدست آمد.

نتایج مقایسه میانگین ترکیب‌های کشت مخلوط چغندر قند با لگوم (نخود و ماش) نشان داد که طول غده در تیمار L 25S75 (۲۵ درصد چغندرقند + ۷۵ درصد لگوم (نخود و ماش) بالاترین مقدار (۳۷/۰۱ سانتی‌متر) را داشت که با تیمار کشت خالص اختلاف معنی‌داری نداشته و کمترین میزان طول غده را تیمار 50S50L (۲۸/۳۶ سانتی‌متر) را به خود اختصاص داده‌اند. نتایج نشان داد بالاترین میزان وزن خشک اندام هوایی در تیمار خالص (S) به‌میزان ۱۰۵۴۱/۴ کیلوگرم در هکتار بدست آمد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشت و کمترین میزان وزن خشک اندام هوایی در تیمار 50S50L به‌میزان ۴۴۹۱/۷ کیلوگرم در هکتار بدست آمد که تنها با تیمار 25S75L اختلاف معنی‌دار نداشت (جدول ۵).

نسبت برابری زمین

نسبت برابری زمین جزئی و کل در ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ٤- نسبت برابری زمین جزئی و کل در نسبت‌های کشت مخلوط چغندرقند با نخود و ماش

Fig. 4- Partial and total land equivalent ratio for intercropping ratios of sugar beet whit chickpea and mung bean

25% S + 75% L: ۲۵ درصد چغندرقند + ۷۵ درصد لگوم، 50% S + 50% L: ۵۰ درصد چغندرقند+ ۵۰ درصد لگوم و 75% S + 25% L: ۷۵ درصد چغندرقند + ۲۵ درصد لگوم (لگوم شامل نخود و ماش)

25% S + 75% L: 25% sugar beet + 75% legume, 50% S + 50% L: 50% sugar beet + 50% legume and 75% S + 25% L: 75% sugar beet + 25% legume (Legume included chickpea and mung bean)

(خط نقطه‌چین نشان‌دهنده نسبت برابری زمین یک است.)

(Dotted line indicates LER=one.)

نتایج نشان داد تیمار کشت مخلوط 25% S + 75% L بالاترین نسبت برابری زمین (۱/۵۳) را به خود اختصاص داده است (جدول ۴). در این الگوی کشت جایگزینی، عملکرد ماش ۲۹ درصد، عملکرد نخود ۴۵ درصد و عملکرد چغندرقند ۷۹ درصد حالت تک‌کشتی بوده که در مجموع، ماش اثر بیشتری از همراهی با چغندرقند در کشت مخلوط پذیرفته است. بر این اساس، عملکرد حاصل از کشت مخلوط در این تیمار نسبت به تک‌کشتی افزایش نشان داده است. این بدان معناست که کشت این گیاهان سبب می‌شود تا از کشت مخلوط محصول بیشتری نسبت به تک‌کشتی برداشت شود و دلیل آن تأثیرپذیری بیشتر گونه‌های همراه با آن نسبت بوده که بهتر توانسته‌اند از عوامل محیطی استفاده نمایند. کمترین میزان LER مربوط به تیمار مخلوط 75% S + 25% L (۰/۶۱) به‌دست آمد که سه گونه ماش، نخود و چغندرقند به‌ترتیب دارای عملکرد نسبی ۰/۲۱، ۰/۱۳ و ۰/۲۸ بودند و این بیانگر این موضوع می‌باشد که هر سه گونه نسبت به تک‌کشتی عملکرد کمتری تولید کرده‌اند و اثر کاهشی کشت مخلوط نخود بیشتر از چغندر و چغندر بیشتر از ماش بود. در مطالعه‌ای مومن کیخا و همکاران (Momen Keykhah et al., 2018) با بررسی ترکیب‌های کشت مخلوط آفتابگردان و گوار بیان کردند، بالاترین نسبت برابری زمین در تیمار ۷۵ درصد گوار + ۲۵ درصد آفتابگردان به‌میزان ۲/۷۳ به‌دست آمد که با نتایج پژوهش پیش رو هم‌خوانی دارد. در بررسی دیگری نسبت برابری زمین در تمامی تیمارها به‌جز تیمار کاشت مخلوط همیشه‌بهار پرپر با ماش نسبت برابری بالاتر از یک بود (Mirshekari, 2016). در مطالعه‌ای کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2016b) با بررسی کشت مخلوط آفتابگردان، کنجد و لوبیا اعلام نمودند، بالاترین نسبت برابری زمین با ۱/۳۴ برای کشت مخلوط ردیفی و کمترین مقدار با ۱/۰۱ برای کشت مخلوط نواری چهار ردیفی مشاهده شد. نتایج بررسی دیگری نشان داد که نسبت برابری زمین بالاتر از یک بود که

بالاترین و کمترین این مقدار به‌ترتیب به‌میزان ۱/۳۸ و ۱/۰۴ می‌باشد که این یافته‌ها برتری کشت مخلوط نسبت بـه تـک‌کشـتی را نشـان می‌دهد (Koocheki et al., 2016a).

نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه نظام‌هـای کشـت مخلـوط یکـی از راهکارهـای مناسب جهت بهره‌گیری پایدار از متکی به مبانی اکولوژیک می‌باشـد، لذا انتخاب مناسب گیاهـان بـا نیازهـا و قـدرت رقابـت آن‌هـا جهـت همراهی در کشت مخلوط حائز اهمیت است؛ در کشت مخلـوط تنـوع زیستی و در نتیجه پایداری بوم‌نظام زراعی افزایش می‌یابد، بهره‌گیری از این الگوی کشت همچنین سبب افزایش کـارایی اسـتفاده از منـابع می‌شود. در این پژوهش، گیاه چغندرقند با نیاز بالا به نیتروژن و گیـاه غده‌ای که بیشتر انرژی گیاه صرف تولید غده می‌شود و گیاهان نخود و ماش که منبع تولید نیتروژن می‌باشند و نسبت به چغندر دارای غده سطحی‌تر بوده‌اند، جهت همراهی در کشت مخلوط به‌صورت تـأخیری انتخاب شدند. با توجه به این‌که قرارگیـری لگـوم‌هـا در ایـن ترکیـب مخلوط به‌عنوان یکی از راهکارهای کاهش مصرف نهاده‌ها می‌باشند، قرار داشتن این گیاهان در کنار یکدیگر به‌صورت تـأخیری همـراه بـا چغندرقند مفید و مؤثر بوده است. به هر حـال، نتـایج بـه‌دسـت آمـده برتری کشت مخلوط را نسبت به کشت خالص در رابطه با محصولات مورد مطالعه نشان داد که بالاترین میزان نسبت برابـری زمـین در بـا تیمار کشت مخلوط با نسبت ۷۵ درصد لگوم + ۲۵ درصـد چغندرقنـد به‌میزان ۱/۵۳ درصد مشاهده شد. از این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از نظام‌های کشت مخلوط چغندرقنـد همـراه بـا لگـوم‌هـا (ماش و نخود) به‌عنوان راهکاری مناسب و با ثبات در راسـتای تولیـد چغندرقند و لگوم‌ها نسبت به نظام‌های تک‌کشتی می‌باشد.

سپاسگزاری

اعتبار این پژوهش از محل پژوهه طـرح شـماره ۴۰۴۱۴ مصـوب ۱۳۹۵/۰۲/۰۷ معاونت محترم پژوهشی و فنـاوری دانشـگاه فردوسـی مشهد تأمین شده است که بدینوسیله سپاسگزاری می‌شود.

References

Anas, M., Jabbar, A., Sarwar, M.A., Ullah, R., Abuzar, M.K., Ahmad, I., & Latif, S. (2017). Intercropping sunflower with mung bean for improved productivity and net economic return under irrigated conditions. *Pakistan Journal of Agricultural Research. 30*(4), 338-345. http://dx.doi.org/10.17582/journal.pjar/2017/30.4.338.345

Awal, M.A., Koshi, H., & Ikeda, T. (2006). Radiation interception and use by maize/peanut intercrop canopy. *Agricultural and Forest Meteorology. 139*(1-2), 74-83. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2006.06.001

Bommarco, R., Kleijn, D., & Potts, S.G. (2013). Ecological intensification: Harnessing ecosystem services for food security. *Trends in Ecology and Evolution. 28*(4), 230-238. https://doi.org/10.1016/j.tree.2012.10.012

Bommarco, R., Vico, G., & Hallin, S. (2018). Expl oiting ecosystem services in agriculture for increased food security. Global Food Security 17: 57-63. https://doi.org/10.1016/j.gfs.2018.04.001

Edrees, GH.H., El-Nakhlawy, F.S., & Ismail, S.M. (2019). Performance of Sugar Beet (Beta vulgaris L.) Cultivars under the Intercropping with Clover in Arid Land Conditions. Journal of King Abdulaziz University-Meteorology Environment and Arid Land Agriculture Sciences. 28(1), 11-19. Doi: 10.4197/Met. 28-1.2

El-Nakhlawy, F.S., & Ismail, S.M. (2018). Optimizing land use efficiency in arid land conditions through sugar beet–clover intercropping. *Sugar Technology. 20*(5), 534-539. DOI: 10.1007/s12355-017-0578-7

Ghale Noyee, S., Koocheki, A., Naseri poor yazdi, M. T., & Jahan, M. (2017). Effect of Different Treatments of Mixed and Row Intercropping on Yield and Yield Components of Sesame and Bean. Iranian Journal of Field Crops Research. 15(3), 588-602. Doi: 10.22067/gsc.v15i3.49345

Gliessman, SR. 1997. Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture, Arbor Press.

Hajinia, S., Ahmadvand, G., & Mehrabi, A.A. (2019). Evaluation of yield and yield components of common millet and soyabean in different intercropping ratio under deficit irrigation levels in Hamadan region. *Iranian Journal of Field Crops Research. 16*(4),761-779. (In Persian with English Summary). DOI: 10.22067/gsc.v16i4.66825

Hamzei, J., Babaei, M. (2016). Study of Quality and Quantity of Yield and Land Equivalent Ratio of Sunflower in Intercropping Series with Bean. Journal of Agroecology. 8(4), 490-504. Doi: 10.22067/jag.v8i4.37250

Hamzei, J., & Seyedi, M. (2013). Evaluation of Barley (Hordeum vulgare) and Chickpea (Cicer arietinum) Intercropping Systems Using Advantageous Indices of Intercropping under Weed Interference Conditions. Journal of Agriculture Knowledge. 6(9), 1-12.

Hodiani Mehr, A., Dahmardeh, M., Khammari, I., & Asgharipoor, M.R. (2017). Effects of tillage systems on changes of soil nutrients, yield and land equivalent ratio in roselle – green gram intercropping. *Iranian Journal of Field Crops Research. 15*(2), 311-322. (In Persian with English Summary). DOI: 10.22067/GSC.V15I2.48487

Khazaei, M., 2015. The study of maize and sugar beet intercropping. *Journal of Crops Improvement 16*(4): 987-997. (In Persian with English Summary). https://doi.org/10.22059/jci.2015.53593

Koocheki, A., Lalehgani, B., & Najibnia, S. (2009). Evaluation of productivity in bean and corn intercropping. *Iranian Journal of Field Crops Research. 7*(2), 605-614. (In Persian with English Summary).

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Borumand Rezazadeh, Z., Jahani, M., & Jafari, L. (2014). Yield responses of black cumin (*Nigella sativa* L.) to intercropping with chickpea (*Cicer arietinum* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L). *Iranian Journal of Field Crops Research. 12*(1), 1-8. (In Persian with English Summary). DOI: 10.22067/GSC.V12I1.36624

Koocheki, A., Nassiri, M., Zarghani, H., & Norooziyan, A. (2017). Evaluation of yield and radiation use efficiency of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) and sugar beet (*Beta vulgaris* L.) in relay intercropping. *Iranian Journal of Field Crops Research. 14*(4), 539-557. (In Persian with English Summary). DOI: 10.22067/gsc.v14i4.51159

Koocheki, A., Solouki, H., & Karbor, S.(2016a). Study of ecological aspects of sesame (*Sesamum indicum* L.) and mung bean (*Vigna radiata* L.) intercropping in weed management treatments. *Iranian Journal of Pulses Research. 7*(2), 27-44. (In Persian with English Summary). DOI: 10.22067/ijpr.v7i2.42232

Koocheki, A., Zarghani, H., & Norooziyan, A.(2016b). Comparison of yield and yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.), sesame (*Sesamum indicum* L.) and red bean (*Phaseolus calcaratus*) under different intercropping arrangements. *Iranian Journal of Field Crops Research. 14*(2), 226-243. (In Persian with English Summary). DOI: 10.22067/GSC.V14I2.51158

Martin-Guay, M.O., Paquette, A., Dupras, J., & Rivest, D. (2018). The new green revolution: Sustainable intensification of agriculture by intercropping. *Science of the Total Environment. 615*, 767-772. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.024

Mashhadi, T., Nakhzari Moghaddam, A., & Sabouri, H. (2015). Investigation of competition indices in intercropping of wheat (*Triticum aestivum* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) under nitrogen consumption. *Journal of Agroecology. 7*(3), 344-355. (In Persian with English Summary). DOI: 10.22067/JAG.V7I3.26662

Masri, M., & Safin, A. (2015). Agro- economic impact of intercropping canola and onion on some sugar beet varieties under different nitrogen rates. *Journal of Plant Production. 6*(10), 1661-1678. DOI: 10.21608/jpp.2015.52078

Mirshekari, B., 2016. Study effect of sowing ratios in marigold (*Calendula officinalis*) and mung bean (*Vigna radiata*) intercropping systems on weed control and mung bean yield improvement. *Iranian Journal of Pulses Research. 7*(2), 152-163. (In Persian with English Summary). DOI: 10.22067/IJPR.V7I2.45919

Mobasser, H., Barjasteh, S.H., & Keshtehgar, A. (2018). Effect of replacement and additive intercropping on the yield of maize (*Zea mayes* L.) and potatoes (*Solanum tuberosum* L.) in the region of Nikshar. *Journal of Agroecology. 10*(2), 400-415. (In Persian with English Summary). DOI: 10.22067/jag.v10i2.53841

Momen Keykha, M., Khammari, L., Dahmardeh, M., & Forouzandeh, M. (2018). Assessing yield and physiological aspects of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) and sunflower (*Helianthus annuus* L.) intercropping under different levels of nitrogen. *Journal of Agroecology. 9*(4), 1050-1069. (In Persian with English Summary). DOI: 10.22067/jag.v9i4.51084

Nasrollahzadeh Asl, A., Chavoshgoli, A., Valizadegan, E., Valiloo, R., & Nasrollahzadeh Asl, V. (2012). Evaluation of sunflower (*Helianthus annus* L.) and pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) intercropping based on additive method. *Agricultural Science and Sustainable Production. 22*(2), 79-90. (In Persian with English Summary)

Pouramir, F., Nasiri mahalati, M., Koocheki, A., & Ghorbani, R. (2010). Evaluation the Effect of Different Planting ratios on Yield and Yield Components of Intercropping Sesame and Chickpea in Additive Series. Iranian Journal of Field Crops Research. 8(3), 393-402. Doi: 10.22067/gsc.v8i3.7716

Rafiiolhossaini, M., Salehi, F., & Mazhari, M. (2016). The effect of drought stress intensity and stage on agronomic characteristics of two common bean cultivars. *Engineering of Desert Ecosystem. 11*, 45-56. (In Persian with English Summary)

Raseduzzaman, M. (2016). Intercropping for enhanced yield stability and food security. Master's Thesis in Agricultural Science/Agroecology. *Sveriges Lantbrukuniveresitet Swedish University of Agricultural Sciences*. DOI: 10.13140/RG.2.2.20053.73448

Rezaei-Chiyaneh, E., & Gholinezhad, E. (2014). Study of agronomic characteristics and advantage indices in intercropping of additive series of Chickpea (Cicer arietinum L.) and Black Cumin (Nigella sativa L.). *Journal of Agroecology. 7*(3), 381-396. (In Persian with English Summary). DOI: 10.22067/JAG.V7I3.35858

Salama, H.S., Dina El-S, E.K., & Nawar, A.I. (2016). Additive intercropping of wheat, barley, and faba bean with sugar beet: impact on yield, quality and land use efficiency. *Egyptian Plant Journal of Agronomy. 38*(3), 413-430. DOI: 10.21608/AGRO.2016.1277

Seyedhamzeh, SH., & Damari, B. (2017). The conceptual model of food and nutrition security in Iran. *Community Health. 4*(3), 223-232. (In Persian with English Summary). https://doi.org/10.22037/ch.v4i3.15555

Seyedi, M., Hamzei, J., Ahmadvand, G., & Abutalebian, M.A. (2012). The evaluation of weed suppression and crop production in barley-chickpea intercrops. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production. 22*(3), 101-115. (In Persian with English Summary)